

⑬ 公開特許公報(A) 昭60-73405

⑫ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)4月25日

G 01 B 11/00

7625-2F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 表面要素の位置測定方法および装置

⑯ 特 願 昭59-186613

⑰ 出 願 昭59(1984)9月7日

優先権主張 ⑱ 1983年9月12日 ⑲ スイス(CH) ⑳ 4950/83-9

⑳ 発 明 者 グ ロ ヲ ニ エ ル スイス国, 1227 カルージュ, ルート デ アカシア, 40
 ㉑ 発 明 者 ダ ン ク ロ ー スイス国, 1213 オネ, アベニユ デュ ブアドウ ラ
 シヤベル 103
 ㉒ 出 願 人 バテル メモリアル アメリカ合衆国, オハイオ, コロンブス, キング アベニ
 インステイチュート ュ 505
 ㉓ 代 理 人 弁理士 青 木 朗 外 4 名

明 細 書

1. 発明の名称

表面要素の位置測定方法および装置

2. 特許請求の範囲

1. 波長が異なるが、振幅が実質的に等しい複数の光波を含む少なくとも1つの光束を1つの光源から発生させて形成し、この光源は光束の光軸に対して実質的に直角的な平面に配置し、光軸に沿った個別の点にこれらの光波の焦点を結ばせ、これらの点が参照目盛を構成し、これらの点の位置を各光波に固有の焦点距離によって定め、各焦点距離が唯一つの光波の波長に対応することを利用して、参照目盛に対比して表面要素の位置を測定する方法であって、表面要素によって反射された光をスペクトルに分解し、各スペクトルを構成する光波の光密度を測定し、これらの光波の間で光密度を比較して光密度が最大である光波を決定し、この光波の波長を参照目盛に対比して表面要素の位置を定めることを特徴とする、表面要素の位置測定方法。

2. 光束をスペクトルに分解する前に、表面要素によって反射された光束を構成する光波の一部を選択する、特許請求の範囲第1項記載の方法。

3. 振幅が実質的に等しい複数の光波を含む光束を発生する少なくとも1つの多色光源を有し、参照目盛に対比して表面要素の位置を測定する装置であって、光束に含まれる各光波を、その波長に特有な個別の点に焦点を結ばせるレンズと、光束の焦点位置を構成する一群の点と、これらの点の1つに位置するように定め、位置を測定すべき表面要素と、この表面要素によって反射された光束のスペクトルを分析する手段と、光密度が最大のスペクトル成分の波長を決定する手段と、このスペクトル成分の焦点位置、従って表面要素の位置を決定する手段とを有することを特徴とする表面要素の位置測定装置。

4. 各光波の焦点を結ばせるレンズが、同心円線束を有するホログラフィレンズである、特許請求の範囲第3項記載の装置。

5. 各光波の焦点を結ばせるレンズが、同心円

円離像を有するホログラフィレンズであり、かつこのレンズが光束の光軸に直角な平面に対して傾斜している平面に位置する、特許請求の範囲第3項記載の装置。

6. 各光波の焦点を結ばせるレンズが光収差の大きい屈折レンズである、特許請求の範囲第3項記載の装置。

7. 各光波の焦点を結ばせるレンズとその焦点との間に、少なくとも1つの屈折レンズからなる古典的光学系をさらに有する、特許請求の範囲第3項記載の装置。

8. 表面要素によって反射された光束を構成する光波の一部を選択する装置をさらに有する、特許請求の範囲第1項記載の装置。

3. 発明の詳細な説明

技術分野

本発明の目的は対象とする表面要素の位置を参照目盛に対比して測定する方法および装置に関し、複数の光波を含む光束から、各光波の焦点に対応する複数の点に焦点を結ばせ、表面要素上に焦点

を結んだ光の波長を測定する型のものである。

従来技術

この型の方法および装置は西独特許第

1962515号および英国特許第2077421号に開示されている。

西独特許第1962515号は、接触することなしに距離を光学的に測定する装置に関し、光束から個別の複数の焦点を結ばせる。この装置は2つの焦点の間にある対象の位置を測定することができる。対象によって反射されて焦点に収斂した2つの光波の強度を比較する。

この装置に対比して対象の位置を測定するには、これらの光波が等しい強度を有する時に行なり。

この等しい強度を得るために装置を変位させる。この装置の最終位置によって対象の位置を定めることができる。この装置は実際にはハイブリッド装置であって、装置の位置を測定する機械的測定系と、この装置に対比して対象の位置を測定する光学的測定系とを含む。

英国特許第2077421号は、対象の変位を

測定するための方法および光学的装置に関し、等しい強度を有する異なる2つの単色光束の焦点を同一軸上に結ばせ、参照平面から等距離に位置する個別の2つの焦点を得る。光の相対的強度の測定は、対象で反射された後、2つの光束の光波について行なり。光の相対的強度は、各光波の強度の差または商によって定める。この相対的強度の特性値は対象の変位によって変化する。

上記2つの場合において、対象の位置測定は2つの光学的信号を比較して行なり。比較の精度は明らかに信号の強度に依存する。その結果、このような装置の解像力および精度は極めて狭いものであって、位置させる対象の表面の光学的性質に依存する。

問題点

本発明の目的は、これら従来装置の欠点を解消することである。

解決手段

上記問題点は、波長が異なるが、振幅が実質的に等しい複数の光波を含む少なくとも1つの光束

を1つの光源から発生させて形成し、この光源は光束の光軸に対して実質的に直角な平面に配位し、光軸に沿った個別の点にこれらの光波の焦点を結ばせ、これらの点が参照目盛を構成し、これらの点の位置を各光波に固有の焦点距離によって定め、各焦点距離が唯一つの光波の波長に対応することを利用し、参照目盛に対比して表面要素の位置を測定する方法であって、表面要素によって反射された光をスペクトルに分解し、各スペクトルを構成する光波の光密度を測定し、これらの光波の間で光密度を比較して光密度が最大である光波を決定し、この光波の波長を参照目盛に対比して表面要素の位置を定めることを特徴とする、表面要素の位置測定方法によって解決される。

また、上記問題点は、振幅が実質的に等しい複数の光波を含む光束を発生する少なくとも1つの多色光源を有し、参照目盛に対比して表面要素の位置を測定する装置であって、光束に含まれる各光波を、その波長に特有な個別の点に焦点を結ばせるレンズと、光束の焦点位置を構成する一群の

点と、これらの点の1つに位置するように定められた位置を測定すべき表面要素と、この表面要素によって反射された光束のスペクトルを分析する手段と、光密度が最大なスペクトル成分の波長を決定する手段と、このスペクトル成分の焦点位置、従って表面要素の位置を決定する手段とを有することとを特徴とする表面要素の位置測定装置によって解決される。

実施例

添付する2つの図面は本発明の装置の実施態様を例示する説明図である。

第1図の装置は、多色光源1から光束を発生する。この光源はたとえばタンダステン燈、アーク燈または他の光源とすることができる。光束の光軸2は、光波を少なくとも部分的に反射することができる、位置を測定すべき表面要素4に指向している。通常型の同心円縞素を有するホログラフィレンズ3は、光束を形成する相異なる光波を、各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の関数として焦点を結び止める。

λ = 入射光の波長

反射光スペクトルの光波は、格子6によって回折され、光検出器7の集合体の上の点(P_1, P_2, \dots, P_n)の各表面帯域に収斂し、この帯域の表面は、焦点(F_1, F_2, \dots, F_n)が表面要素4から遠ければ遠い程、大きい。それ故、1つまたは複数の光検出器によって、各帯域における光の強度を精密に測定しさえすれば、この帯域における光密度、すなわちこの帯域に収斂する光波の密度を特徴づける情報を得ることができる。解析器8は、各光検出器に指向する各光波の光密度に対応して各光検出器から発生する電気信号(I_1, I_2, \dots, I_n)の強度を相互に比較して、密度が最大な反射光スペクトルの波長 λ を求めることができる。計算器9は、この波長 λ を、レンズ3に固有な検査関数 $r(\lambda)$ に導入する。この関数はレンズによって焦点を結んだ各光波の波長と、その焦点距離とを関係づけるものである。

単純化する目的で、第1図は唯一つの光源を示すが、自明なように、光束の光軸に対して実質的

もし一回折のみを考慮するのであれば、これら相異なる光波は複数の焦点(F_1, F_2, \dots, F_n)を結ぶ。これら一群の焦点は焦点Fの位置を構成する。この型のホログラフィレンズにおいて、焦点距離は焦点を結ぶ光波の波長の逆数にほぼ比例することが重要である。光源1から発生し、レンズ3によって焦点を結び、表面要素4によって反射された光波は、ハーフミラー5によって四面回折格子6に指向せられる。この回折格子は表面要素によって反射された光をスペクトルに分解し、このスペクトルの光波を光検出器7の線形集合体に収斂させる。この光検出器7は、それぞれ点と考えることができ、たとえばCCD回路とすることができる。回折格子6による光波の回折は次式によって行なわれる。

$$n \cdot (\sin \alpha + \sin \beta) = k \lambda$$

式中、 n = 格子6の2つの線条間の距離

α = 光波の入射角

β = 光波の回折角

k = 整数(低次の回折については $k=1$)

に直交な平面上に、複数の光源を並べて配置することができ、これらの光源は1つまたは複数の列に整合させることができる。このような組合せを行なう理由は、1つまたは複数の列に整合させた光波の各組合せからなる複数の各画像の密度を比較できるようにするためである。

第2図に例示する曲線は、270本の同心円縞素を有し、その外側の縞素の直径が約5mmであるホログラフィレンズを使用した場合であって、横軸は焦点距離を示し、縦軸は波長を示す。この曲線を得るには、検査するためにホログラフィレンズを使用して6つの波長のわかった単色光束の焦点を結び止めた。次にレンズの焦点位置にミラーを置き、各単色光束について反射光の光密度が最大であるミラーの位置を測定した。

計算器9は、参照点の位置または参照目盛に対して、表面要素4の位置を特性づけることとの信号 $X_1 = r(\lambda_1)$ を発生する。参照点の位置または参照目盛の位置は、検査曲線 $r(\lambda)$ によって決定される。参照点は、たとえばレンズ3の位置によ

って構成することができ、参照点盛は、特に全部または一部の焦点Fの位置によって構成することができる。

円線条を有するホログラフィレンズによっては、二次回折を測定することもでき、また三次以上の回折も同様に測定することができる。二次回折は波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の一部を二次焦点F'を構成するF₁, F₂, ..., F_nに焦点を結ばせる。これらの二次焦点はレンズと一次焦点Fの位置との間に位置し、F'に焦点を結んだ光波の強度はFに焦点を結んだ光波の強度より弱い。どのような分析器を使用しても、二次焦点の位置においた何らかの対象によって反射される光のスペクトルがあるので、各ホログラフィレンズについて少なくとも2つの焦点位置を測定することができ、また同一の測定装置について少なくとも2つの個別の領域を測定することができる。

光源1から発生した光線の一部はホログラフィレンズ3によって反射されてノイズとなる。このノイズ光は表面要素4によって反射された光波に

重畳して、バックグラウンドノイズの光源を構成することは避けられない。

本発明の第2の実施態様として、この欠点を解消するために、同心円線条のレンズ3の代りに、光束軸2に対して直交な平面より多くとも数度傾斜している僅かに楕円を帯びた同心線条を有するレンズを使用する。この配置によって、レンズによって反射されたノイズ光部分を、表面要素4によって反射された光波束の後方に、指向させることができる。

本発明の第3の実施態様として、表面要素によって反射された波長 λ_1 の光束部分の最小断面に対して、円形開口を有する絞り10をミラー5と、スペクトル分析系の四面回折格子との間に、配置することが有利である。この絞りは反射光束から、表面要素の後方に焦点を結んだ光波の一部を除去する。この光波はそれぞれ表面要素上に円板形として現われ、その直径は表面要素と、光波の焦点との間の距離に比例する。この光波の円板形の直径が絞りの直径より大きいにも拘らず除去するこ

とができる。さらにこの絞りはレンズ3によって反射された光波を部分的に阻止する。この絞りは表面要素上に焦点を結んだ光波 λ_1 をより一層明らかに示す効果を有する。

本発明の第4の実施態様として、少なくとも1つの反射レンズを有し、取脱しができる古典的光学系を、レンズ3とその焦点位置Fとの間にかく。これによって単一のレンズ3を多くの用途に使用することができる。たとえばレンズ3に対して焦点Fの位置を変えることができる。

本発明の第5の実施態様として、ホログラフィレンズ3の代りに色収差の大きい屈折レンズを使用して、複数の焦点F₁, F₂, ..., F_nに光束2から各光波の焦点を結ばせることができる。この屈折レンズの焦点の位置はホログラフィレンズの焦点の位置より明らかに短い。この理由によって、これら2つの型のレンズは補完的であるといえることができる。

本発明の第6の実施態様として、ホログラフィ円筒レンズと呼ばれる、平行線条を有するホロ

グラフィレンズを使用する。この型のレンズは円線条を有するレンズとは異なり、複数の焦点F₁, F₂, ..., F_nからなる焦点位置がレンズの線条に平行な線分となる。

この実施態様は同一平面上になくて隣接する2つの表面要素a, bの間の距離を測定する場合に使用することができる。この場合、反射光スペクトル分析系は2つの光波 λ_a および λ_b が表面要素aおよびbの上にそれぞれ焦点を明かに結ぶことを示す。求めるべき距離は各表面要素からレンズに至る距離の差である。これらの距離は、平行線条を有するレンズに固有な検量曲線を利用し、さきの場合と同様にして定める。

この実施態様においては、線状焦点においた表面要素aおよびbの間の距離を見出すことができる。このとき前記各表面要素によって反射された光波 λ_a および λ_b の相対強度を比較する。

第3図は本発明の第7の実施態様を示し、ここではマルチモード光ファイバ26を使用する、その芯の直径は約10〜100 μm であり、この直径

は測定ヘッド20および光電変換素子21によって変化する。この系21は多色光束を発生し、位置を測定すべき表面要素31によって反射された光を解析するように設計されている。多色光源22は、平行光束を形成する第1屈折レンズ23に拡散光束を指向させる。第2屈折レンズ24は光ファイバ26の第1端25にこの光束の焦点を結び、この第1端25は第1コネクタ27で固定されている。第2コネクタ29は、光ファイバ26の第2端28を測定ヘッド20に固定する。この第2端28は点光源として作用し、光源22から発生した光束を構成する波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をホログラフィレンズ30に指向させる。このレンズは光波を各光波の波長の関数として収斂させ、焦点位置 F を形成する。表面要素31によってレンズ30に向けて反射された光波は、光ファイバ26の第2端28の端面に焦点を結び、第1端25は表面要素31によってレンズ30に向けて反射された光波の点光源として作用する。これらの光波をレンズ24に指向させる。このレンズ24の作

用として、前記反射光に平行する光束を形成する。レンズ23および24の間にハーフミラー32があり、このハーフミラー32は反射光波の平行光束を、屈折収斂^(収斂)レンズ33に指向させ、このレンズは、第1図の~~図面~~^(格子)6と同様に反射光波を回折^(回折)格子34に指向させる。この格子34によって回折された光波は、第1図の集合体7と同様な光検出子35の集合体に指向させる。光検出子から発生した電気信号は、第1図の解析器8と計算器9との作用を合せて有する演算装置36によって処理する。

この実施態様において、第1図の絞り10と同様な絞りを使用しないことに留意すべきである。これは、反射光が入射する光ファイバ26の第2端28が、表面要素の後方に焦点を結んだ光波の少なくとも一部を除く点およびレンズ30によって反射された光波を阻止する点において、さきの絞りと同様な効果を有するためである。

本発明の測定装置の応用例として、機械的小片の幅を測定することができる。この目的で、測定

すべき小片の両側に2つの測定装置を置き、次の関係式によってこの小片の幅を見出すことができる。

$$X = d - X_1 - X_2$$

式中、 X = 求める寸法

d = 2つの測定装置間の距離

X_1 = 第1測定装置と小片との間の距離

X_2 = 第2測定装置と小片との間の距離

本発明の測定装置は、反射光スペクトルの変化を時間の関数として測定し、動的測定を行なうことができる。規則的な時間間隔を置いてスペクトルを分析することによって表面要素の変位を測定することができる。この使用形態は、特にロボットの行動位置、速度、もしくは加速度の自動制御、または工作機械の自動制御に応用することができる。

ここに記載する応用例はすべての例を列挙したものではない。本発明の装置は、接触することなしに距離の測定を行なう場合に有利に使用することができる。

ここに記載する光スペクトル分析系は例示にすぎないことに留意すべきである。当業者は現存するすべてのスペクトル分析系を容易に採用することができるであろう。たとえは振動する回折レンズを有する分析系を使用して、各回折光波を光検出装置に順次指向させることもできる。光検出子が最大の光強度を測定する時に、格子の対応位置は、レンズ焦点の位置にある表面要素の位置、従って測定装置から表面要素までの距離を現わす。反射光スペクトル分析系の他の実施態様として、回折格子を固定し、光検出子を運動させることもできる。また表面要素によって反射された光束をスペクトルに分解するために、回折格子以外の手段を使用することも明らかであろう。本発明の範囲を限定しない例として、光束スペクトル分析手段を拡散プリズムまたは薄層スペクトルフィルタから構成することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の装置の第1の実施態様の説明図であり、

第2図は検査曲線の略図であり、

第3図は本発明の装置の他の実施態様の説明図

である。

- 1…光源、2…光軸、3…ホログラフィレンズ、
 4…被面要素、5…ハーフミラー、6…回折格子、
 7…光検出子、8…解析器、9…計算器。

特許出願人

パテル メモリアル インスティテュート

特許出願代理人

弁理士 青 木 朋

弁理士 西 館 和 之

弁理士 寺 田 豊

弁理士 山 口 昭 之

弁理士 西 山 雅 也

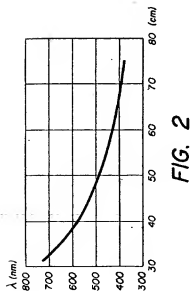


FIG. 2

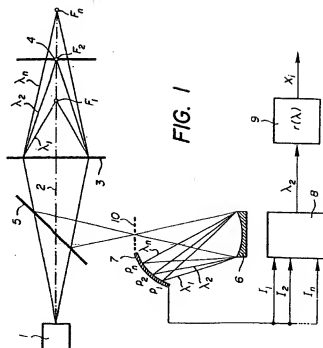


FIG. 1

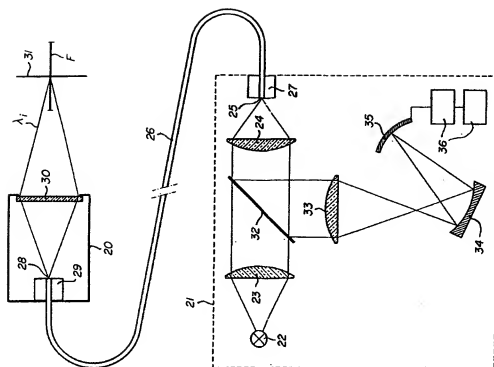


FIG. 3